



DEUTSCHES  
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 42 39 159.8  
22 Anmeldetag: 21. 11. 92  
43 Offenlegungstag: 26. 5. 94

DE 42 39 159 A 1

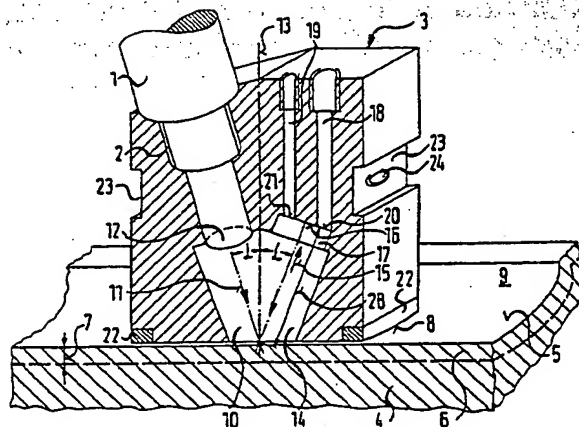
71 Anmelder:  
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der  
angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE;  
Fried. Krupp AG Hoesch-Krupp, 45143 Essen und  
44145 Dortmund, DE

72 Erfinder:  
Willems, Herbert, Dipl.-Phys., 6637 Nalbach, DE;  
Neumann, Rudolf, Dipl.-Ing., 6602 Dudweiler, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Vorrichtung zum zerstörungsfreien Messen der Dicke einer Härteschicht

- 57 Um eine Vorrichtung zum zerstörungsfreien Messen der Dicke (7) einer Härteschicht (6) bei polykristallinen Werkstoffen mittels Ultraschall mit einem als Aufnahme für einen etwa in gleichbleibendem Abstand zur Oberfläche (9) des zu prüfenden Werkstückes gehaltenen Sende- und Empfangswandlers (1) dienenden Kopplungsstückes (3) derartig auszubilden, daß eine sichere und eindeutige Anzeige der vorliegenden Härtetiefe auch dann gewährleistet ist, wenn die Vorrichtung unter Betriebsbedingungen bei Hitze und Schmutz im Dauerbetrieb eingesetzt ist, wird das Kopplungsstück (3) mit
- einer sich von der Sende- und/oder Empfangsfläche (12) des Wandlers (1) in Schallrichtung (11) auf die Oberfläche (9) des Werkstückes (4) erstreckenden Öffnung (10) und
  - einer weiteren Öffnung (14), die sich spiegelbildlich in bezug auf eine auf den Einstrahlmittelpunkt der Oberfläche (9) errichteten Normalen (13) zur ersten Öffnung (10) erstreckt mit einem ebenen, senkrecht zur Erstreckungsrichtung (15) angeordneten Boden (16),
- ausgebildet.



DE 42 39 159 A 1

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum zerstörungsfreien Messen der Dicke einer Härteschicht nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Eine derartige Vorrichtung ist beispielsweise beschrieben in der DE-Lit. "Koppelman, Ultraschallmeßeinrichtung für Härtetiefenmessung an Stahlwalzen, Materialprüfung 14 (1972) Nr. 5, Seiten 156 bis 159."

In verschiedenen Versuchen konnte nachgewiesen werden, daß das Ultraschall-Rückstreuverfahren sich zur zerstörungsfreien Ermittlung der Einhärtetiefe bei polykristallinen Werkstoffen eignet. Beim Einsatz dieses Verfahrens an induktiv gehärteten Teilen aus Stahl, bei denen die Ausdehnung der Übergangszone zwischen einer feinkörnigen Martensitstruktur des gehärteten Gefüges zu einem groberen Gefüge des vergüteten Ausgangsmaterials vorzugsweise mit einem sehr steilen Härtegradienten übergeht, ist dieses Verfahren für Einhärtungstiefen ab 2 mm anwendbar. Dieses trifft besonders bei größeren Komponenten wie Wälzlager, Kurbellager o. ä. zu. Das Verfahren wurde versuchsweise direkt vor Ort während des Härtens unmittelbar unter der Abschreckbrause eingesetzt. Als Ankoppelmedium zwischen dem Prüfkopf und dem Werkstück kann zweckmäßigerweise direkt das Abschreckmedium benutzt werden.

Das Ultraschall-Rückstreuverfahren in Impuls-Echo-technik nutzt die physikalische Tatsache, daß Ultraschall-Transversalwellen, die durch Schrägeinstrahlung entstehen, sich bis zur Grenzschicht zwischen Rand und Kerngefüge ohne wesentliche Schallstreuung ausbreiten. Am Übergangsbereich zwischen Rand- und Kerngefüge tritt dann eine starke Streuung auf, die sich als Meßsignal für die Einhärtetiefe eignet. Die Schrägeinstrahlung erfolgt in der Form, daß beispielsweise beim Einsatz zum Messen der Härtetiefe bei Stahl der Ultraschallimpuls unter einem Winkel von etwa 17° auf die Oberfläche des zu prüfenden Objektes gerichtet wird. Als Koppelmedium zwischen dem Ultraschallwandler und dem Werkstück wird vorzugsweise Wasser verwendet. An der Grenzfläche zwischen Wasser und Stahl werden aufgrund der Brechungsgesetze die einfallenden Longitudinalwellen in Transversalwellen umgewandelt, die sich unter dem gewünschten Winkel von 41° zur Oberflächennormale im Prüfstück ausbreiten.

Dieses Meßverfahren wurde bisher vorzugsweise im labormäßigen Maßstab erprobt. Die bisherigen Versuchsaufbauten eignen sich noch nicht für die industrielle Anwendung und ermöglichen keine hierfür erforderliche sichere und eindeutige Anzeige, die unzweifelhaft und störungsfrei die vorliegende Härtetiefe anzeigt.

Von daher stellt sich die Aufgabe, eine Vorrichtung zum zerstörungsfreien Messen der Dicke einer Härteschicht nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 derartig auszubilden, daß eine sichere und eindeutige Anzeige der vorliegenden Härtetiefe auch dann gewährleistet ist, wenn die Vorrichtung unter Betriebsbedingungen bei Hitze und Schmutz im Dauerbetrieb eingesetzt ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Aus- und Weiterbildungen sind in den Ansprüchen 2 bis 11 beschrieben. Besonders durch die Ausbildung der Erfindung mit den Merkmalen nach Anspruch 2 kann sichergestellt werden, daß Streusignale, die als reflektierende Oberflächensignale den Grundpegel der Messung unnötig erhöhen, zum einen gebündelt und zum anderen ausgeschieden werden. Gerade diese

Maßnahme erhöht die genaue Anzeige wesentlich.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im folgenden näher beschrieben. Es zeigen

5 Fig. 1 ein Kopplungsstück in Zusammenwirken mit dem Ultraschallwandler und dem zu prüfenden Werkstück und

Fig. 2 ein Ultraschall-Rückstreusignal des Ultraschallimpulses.

10 Die elektrischen und elektronischen Geräte zur Erzeugung des Ultraschallsendeimpulses sowie zur Verarbeitung des Ultraschallempfangssignals sind nicht dargestellt. Diese sind aus der Literatur allgemein bekannt. Von daher ist in Fig. 1 lediglich der Sende- und Empfangswandler 1 der Ultraschallmeßvorrichtung dargestellt. Dieser Sende- und Empfangswandler ist über eine Verschraubung 2 in einem Kopplungsstück 3 eingesetzt. Das Kopplungsstück ist im Ausführungsbeispiel aus Vollmaterial hergestellt.

20 Als zu prüfendes Werkstück 4 ist die Laufbahn eines Kugel-Großwälzlagering beschrieben. Fig. 1 zeigt einen Ausschnitt eines derartigen Ringes. Die Kugellaufbahn 5 umgibt als umlaufende Grube mit annähernd halbkreisförmigem Querschnitt den Lagerring. Die Kugellaufbahn wird induktiv gehärtet, so daß sich eine Härteschicht 6 bildet. Die Dicke 7 dieser Härteschicht 6 soll gemessen werden.

Die dem Werkstück 4 zugewandte Fläche 8 des Kopplungsstückes 3 entspricht der Oberflächenform des Werkstückes und ist somit im vorliegenden Fall etwa als Teil einer Zylindermantelfläche ausgebildet. In Fortsetzung der Aufnahmebohrung für den Sende- und Empfangswandler 1 weist das Kopplungsstück 3 eine sich auf die Oberfläche 9 des zu prüfenden Werkstückes hin erstreckende Öffnung 10 auf. Diese Öffnung erstreckt sich in Schallrichtung 11 des abstrahlenden Ultraschallimpulses. Im Ausführungsbeispiel ist der Sende- und Empfangswandler 1 so ausgebildet, daß die Ultraschallwellen in Richtung seiner Erstreckung senkrecht aus einer Sende- und Empfangsfläche 12 austreten. Das Kopplungsstück 3 ist so ausgebildet, daß die Schallwellen unter einem Winkel  $\alpha$  von 17° gegenüber der Normalen 13 zur zu prüfenden Oberfläche 9 verlaufen. Die diesbezüglichen physikalischen Grundsätze sind bereits vorher beschrieben.

Entgegengesetzt geneigt und spiegelbildlich zur Normalen 13 weist das Kopplungsstück 3 eine weitere Öffnung 14 auf. Diese Öffnung hat in etwa den gleichen Querschnitt wie die Öffnung 10. Sie besitzt einen ebenen, rechtwinklig zur Erstreckungsrichtung 15 dieser weiteren Öffnung 14 angeordneten Boden 16. Im Ausführungsbeispiel ist die weitere Öffnung 14 im Bodenbereich mit reduziertem Querschnitt 17 ausgebildet. Dieser reduzierte Querschnitt ist jedoch nicht kleiner als die Sende- und Empfangsfläche 12 des Sende- und Empfangswandlers 1.

Um eine Ankopplung des Ultraschallsende- und Empfangswandlers 1 an das zu prüfende Werkstück 4 zu erreichen, ist es erforderlich, daß sich zwischen diesen eine Koppelflüssigkeit befindet. Im vorbeschriebenen Anwendungsfall, bei dem die Härtetiefenmessung direkt mit dem eigentlichen Härtevorgang durchgeführt wird, wird als Koppelflüssigkeit die eingesetzte Abschreckflüssigkeit der Härtemaschine genutzt. Hierzu weist das Kopplungsstück 3 eine Zulaufbohrung 18 und eine Rücklaufbohrung 19 auf. Besonders vorteilhaft wird die Zulaufbohrung 18 so angeordnet, daß der Zulauf 20 am Boden 16 der weiteren Öffnung 14 erfolgt. Der Ablauf

21 in die Rücklaufbohrung 19 wird vorteilhaft an dem von der Oberfläche 9 des Werkstücks 4 entferntesten Bereich der sich an den Schallwandler anschließenden Öffnung 10 oder der weiteren Öffnung 14 angeordnet. Im Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 ist der Ablauf 21 am obersten Punkt des reduzierten Querschnitts 17 der weiteren Öffnung 14 angeordnet. Diese Ausbildung hat den Vorteil, daß ein weitgehend blasenfreier Umlauf der Koppelflüssigkeit gewährleistet wird. Die Koppelflüssigkeit läuft nicht nur durch den Ablauf 21 ab, sondern tritt auch aus dem Spalt zwischen Kopplungsstück 3 und Werkstück 4 aus. Um den Spalt zwischen Koppelstück 3 und Werkstück 4 so gering wie möglich zu halten, sind an wenigstens zwei Seiten der dem Werkstück gegenüberliegenden Fläche 8 des Kopplungsstückes 3 Gleitkufen 22 angeordnet.

Die vorgeschriebenen Gleitkufen 22 bestehen aus verschleißfestem Material, wodurch ein geringer Verschleiß des Kopplungsstückes 3 erzielt wird. Die Gleitkufen sind form- bzw. kraftschlüssig mit dem Kopplungsstück verbunden. Im Ausführungsbeispiel sind sie mit dem Kopplungsstück verschraubt. Geeignete Befestigungseinrichtungen wie beispielsweise Seitennuten 23 mit Gewindebohrungen 24 dienen zur Befestigung des Kopplungsstückes 3 an eine entsprechende Vorschub- oder Halteeinrichtung. Beim Einsatz der Meßvorrichtung nach der Erfindung direkt an der Härtemaschine kann diese Halterung auch direkt mit dem Induktionskopf oder der Abschreckbrause der Härtemaschine verbunden sein.

Fig. 2 zeigt ein typisches Echosignal der beschriebenen Vorrichtung zum Messen der Dicke einer Härteschicht mittels Ultraschall. Eine erste Pegelspitze 25 zeigt das Eintrittsecho in die Werkstückoberfläche an. Die 2. Pegelspitze 26 wird durch die Ultraschallstreuung am Übergang von der Härtezone zum Grundgefüge erzeugt. Durch eine geeignete Eichung der Meßgeräte und eine entsprechende Anpassung des Meßprogramms wird es möglich, auf dem Anzeigeschirm die gemessene Einhärtetiefe in mm direkt anzuzeigen. Eine weitere Pegelspitze 27 zeigt das Oberflächenreflexionsecho an, das durch den Boden 16 der weiteren Öffnung 14 reflektiert wird. Die Längserstreckung 28 der weiteren Öffnung 14 ist so zu wählen, daß diese weitere Pegelspitze 27 ausreichend getrennt vom Meßsignal der zu messenden Härtetiefe ist. Das heißt, die weitere Pegelspitze 27 muß so weit von der 2. Pegelspitze 26 entfernt sein, daß auch durch sie hervorgerufene Rauschsignale keinen Einfluß mehr auf die 2. Pegelspitze 26 haben. Im Normalfall wird diese weitere Pegelspitze nicht mehr im Anzeigebereich des Ultraschallmeßgerätes liegen.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Sende- und Empfangswandler
- 2 Verschraubung
- 3 Kopplungsstück
- 4 Werkstück
- 5 Kugellaufbahn
- 6 Härteschicht
- 7 Dicke
- 8 Fläche
- 9 Oberfläche
- 10 Öffnung
- 11 Schallrichtung
- 12 Sende- und Empfangsfläche
- 13 Normale
- 14 weitere Öffnung

- 15 Erstreckungsrichtung
- 16 Boden
- 17 reduzierter Querschnitt
- 18 Zulaufbohrung
- 19 Rücklaufbohrung
- 20 Zulauf
- 21 Ablauf
- 22 Gleitkufe
- 23 Seitennut
- 24 Gewindebohrung
- 25 1. Pegelspitze
- 26 2. Pegelspitze
- 27 weitere Pegelspitze
- 28 Längserstreckung
- α Winkel

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum zerstörungsfreien Messen der Dicke einer Härteschicht bei polykristallinen Werkstoffen mittels Ultraschall mit einem als Aufnahme für einen etwa in gleichbleibendem Abstand zur Oberfläche des zu prüfenden Werkstückes gehaltenen Sende- und Empfangswandler dienenden Kopplungsstück, gekennzeichnet durch die Ausbildung des Kopplungsstückes (3) mit

- einer sich von der Sende- und/oder Empfangsfläche (12) des Wandlers (1) in Schallrichtung (11) auf die Oberfläche (9) des Werkstückes (4) erstreckenden Öffnung (10) und
- einer weiteren Öffnung (14), die sich spiegelbildlich in bezug auf eine auf den Einstrahlmittelpunkt der Oberfläche (9) errichteten Normalen (13) zur ersten Öffnung (10) erstreckt mit einem ebenen, senkrecht zur Erstreckungsrichtung (15) angeordneten Boden (16).

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Längserstreckung (28) der weiteren Öffnung (14) eine Länge aufweist, die ausreichend ist, daß das durch den Boden (16) dieser weiteren Öffnung (14) erzeugte Reflexionssignal (27) ausreichend getrennt vom Meßsignal (26) der zu messenden Härtetiefe ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Querschnitt der sich an den Schallwandler anschließenden Öffnung (10) und der weiteren Öffnung (14) gleich oder größer ausgebildet sind als die Sende- und/oder Empfangsfläche (12) des Sende- und Empfangswandlers (1).

4. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß sich die an den Schallwandler anschließende Öffnung (10) und die weitere Öffnung (14) beim Einsatz zum Messen der Dicke (7) der Härteschicht (6) von Stahl jeweils mit einer Neigung von etwa 17° gegenüber der Normalen (13) zur Oberfläche (9) einander gegenüberliegen.

5. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die dem Werkstück (4) zugewandte Fläche (8) des Kopplungsstückes (3) der Oberflächenform des Werkstückes (4) angepaßt ist.

6. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Kopplungsstück (3) mit einem Zulauf (20) und einem Ablauf (21) für Kopplungsflüssigkeit versehen

ist.

7. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Ablauf (21) für die Kopplungsflüssigkeit am von der Oberfläche (9) des Werkstückes (4) entferntesten Bereich der sich an den Schallwandler anschließenden Öffnung (10) oder der weiteren Öffnung (14) angeordnet ist.

8. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Zulauf (20) für die Kopplungsflüssigkeit am Boden (16) der weiteren Öffnung (14) angeordnet ist.

9. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die dem Werkstück (4) zugewandte Fläche (8) des Kopplungsstückes (3) an wenigstens zwei Seiten mit Gleitkufen (22) ausgebildet ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Gleitkufen (22) aus verschleißfestem Material bestehen.

11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Gleitkufen (22) auswechselbar form- oder kraftschlüssig mit dem Kopplungsstück (3) verbunden sind.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

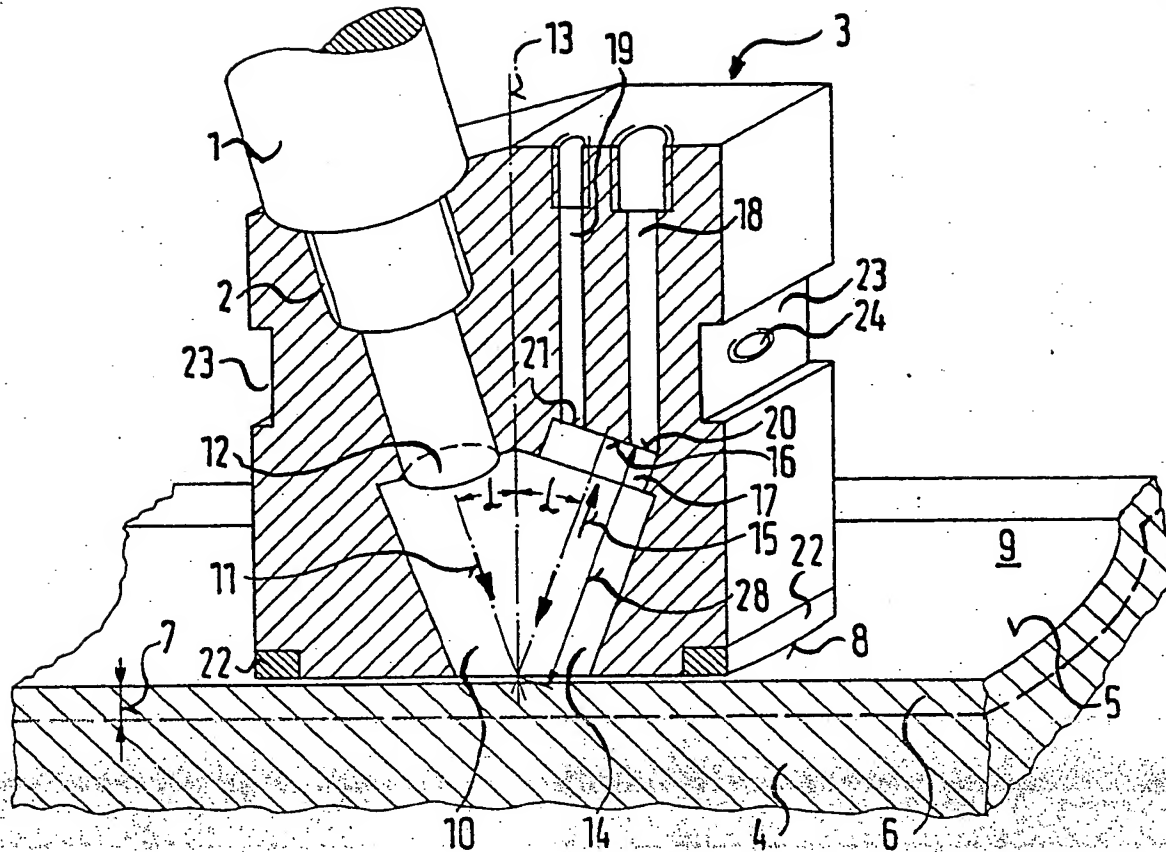


FIG. 1

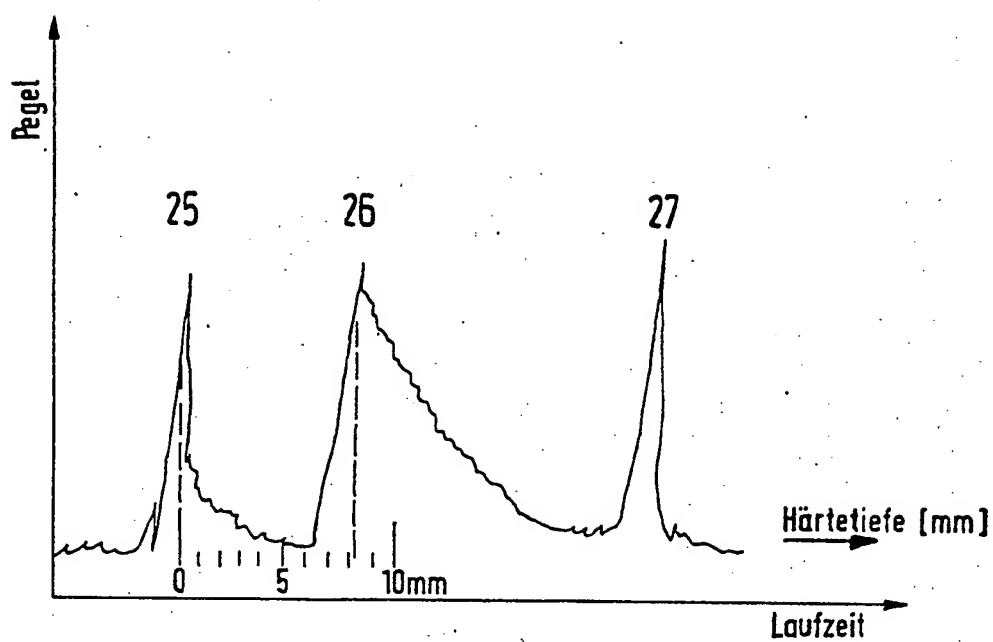


FIG. 2

**Non-destructive ultrasonic gauge for polycrystal hard layer thickness - has coupling block with apertures for ultrasound and coupling liq. arranged symmetrically w.r.t. normal to surface and right side**

Patent Number: DE4239159  
Publication date: 1994-05-26  
Inventor(s): WILLEMS HERBERT DIPL PHYS (DE); NEUMANN RUDOLF DIPL ING (DE)  
Applicant(s): FRAUNHOFER GES FORSCHUNG (DE); KRUPP AG HOESCH KRUPP (DE)  
Requested Patent: DE4239159  
Application Number: DE19924239159 19921121  
Priority Number(s): DE19924239159 19921121  
IPC Classification: G01B17/02  
EC Classification: G01B17/02C  
Equivalents:

#### Abstract

The thickness (7) of the hardened surface layer (6) is measured by a transmitting and receiving transducer (1) fitted into a coupler (3) whose lower face (8) matches that of the surface (5) on which it is placed with an aperture (10) for emission of the ultrasonic pulse (11) at an angle (alpha) of 17 deg. to the normal (13).  
The coolant liq. of the hardening appts. is used for acoustic coupling, supplied through a duct (18) to a mirror-image aperture (14) and drained (21) from a vol. (17) of reduced cross-section which guarantees bubble-free circulation.  
USE/ADVANTAGE - For induction-hardened steel roller bearings and crank bearings. Reliable and unambiguous depth indication is guaranteed even in long-term operation in hot and dirty conditions.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

DOCKET NO: Moh-P010032

SERIAL NO: \_\_\_\_\_

APPLICANT: Martin Drost

LERNER AND GREENBERG P.A.

P.O. BOX 2480

HOLLYWOOD, FLORIDA 33022

TEL. (954) 925-1100